ANALYSE DE SYSTEMES

Analyse
de
Systèmes
et
Economie
Industrielle

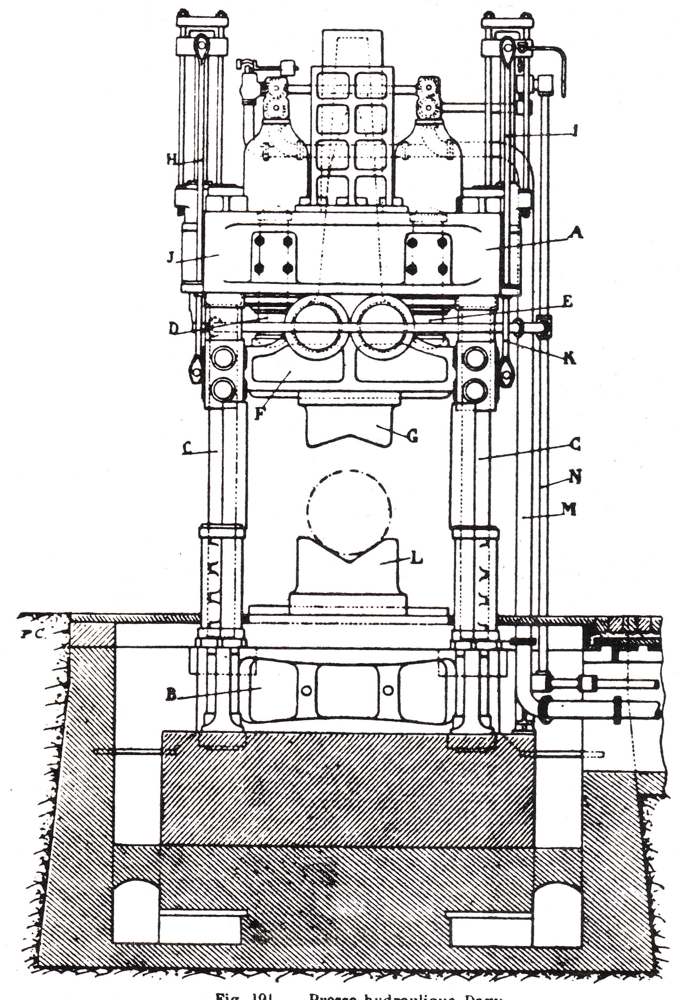
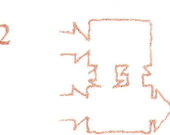


Fig. 191. — Presse hydraulique Davy.

TRIMESTRIEL VOLUME VI N° 3 NOVEMBRE 1980 - ISSN 0242-7443 - 16, quai Cl.-Bernard 69007 LYON



La Revue *Analyse de Systèmes*, trimestrielle (Février, Mai-Août, Novembre), est éditée par le Centre d'Etudes et de Recherches de Gestion (CERG). Elle est réalisée dans le cadre du groupe de Recherches TASS (Théorie et Analyse des Systèmes).
Les idées exprimées dans la revue ne sont pas nécessairement celles de l'ensemble des membres du Comité de Rédaction.
Cette revue est un support d'échanges entre tous les chercheurs et praticiens voulant contribuer au développement d'une Science des Systèmes.

Rédaction et Administration :
CERG, Centre d'Etudes et de Recherches de Gestion
16, quai Claude Bernard
69007 – LYON

Prix du Numéro . . . . 30 F
Tarif des abonnements :

	1 an	2 ans
France	90 F	160 F
Etranger	100 F	170 F

D. DUFOURT

ANALYSE DE SYSTEMES, FILIERES TECHNIQUES ET DYNAMIQUE INDUSTRIELLE

En conclusion à leur analyse des facteurs à l'origine de la baisse de la productivité du travail observée depuis 1974 dans la plupart des pays industrialisés, Jean-Claude MILLERON et Yves YOUNES déclarent ceci : «L'analyse économique classique formalisée réduit souvent les phénomènes qu'elle étudie à un certain paradigme de l'échange. (. . .) Les relations entre technologie, structure des marchés, organisation de la production et rapports de force socio-économiques sont en général passées sous silence»*.

* J.C. Milleron et Y. Younès (1980) Productivité du travail et substitution entre facteurs : points de repère. *Economie et Statistique*, n° 127.

Ce constat nous semble tout à la fois justifié et excessif. Justifié dans la mesure où il s'agit de dresser le bilan de la double impasse dans laquelle la recherche économique se trouve aujourd'hui engagée : impasse des analyses économétriques fondées sur l'utilisation de fonctions de production macroéconomiques qui prétendent étudier les conditions physiques de la croissance en ignorant tout de la dynamique des systèmes techniques et des transformations dans l'organisation du travail ; impasse des monographies d'entreprises ou de secteurs qui faute d'une théorie de l'entreprise et des filières industrielles, se bornent à juxtaposer des données sur l'emploi, les qualifications, les salaires, la rentabilité, le cash-flow, les liaisons financières, etc . . . sans relier les changements observés et notamment les changements technologiques aux nécessités de la mise en valeur des capitaux et aux transformations induites des structures techniques, économiques et sociales. Dans l'un et l'autre cas nous assistons aux effets sclérosants de la dégénérescence d'un programme de recherche : celui de l'économie néoclassique* .

* Cf. Spiro J. Latsis (Editor) Method and Appraisal in Economics Cambridge University Press, 1976.

Excessif, ce constat l'est aussi parce qu'il méconnaît la profondeur des renouvellements en cours tant dans l'histoire des techniques que dans la sociologie du travail ou l'économie industrielle. Est-ce un hasard si ces renouvellements s'avèrent en grande partie imputables à l'avènement dans chacune de ces disciplines d'une nouvelle épistémologie* fondée sur la théorie générale des systèmes ?

* Cf. La contribution des disciplines scientifiques à la notion de système. *Colloque du CNRS*, Lyon 18-19 mars 1980, 2 volumes.

Editorial

Nous ne le pensons pas. A ceux qui jugent cette référence à l'analyse des systèmes tardive et soudaine et qui redoutent un engouement passager, un effet de mode, l'emploi abusif du raisonnement par analogie ou le goût des comparaisons métaphoriques, rappelons quelques dates qui scandent une progression et signalent une convergence :

1933 : l'économiste Ragnar FRISCH dans un retentissant article introduit l'analyse de systèmes en économie et ceci dans le domaine le plus difficile : la dynamique.

1965 : la sociologue Joan WOODDWARD classe les *systèmes* de production en fonction de leur complexité technique et lance un pont entre la technologie et l'organisation du travail.

1979 : l'historien des techniques Bertrand GILLE * consacre l'un de ses derniers articles à un essai d'épistémologie technique dans lequel il expose la nécessité de distinguer analyse statique et analyse dynamique dans l'étude des systèmes techniques et remarque au passage que la première a souvent été négligée.

Les cinq articles que nous présentons dans ce numéro répondent à une double préoccupation. Les trois premiers, dûs à trois chercheurs de troisième cycle de l'Equipe de Recherche Associée au CNRS, nº 872 «Economie des changements technologiques» dirigée par le Professeur Henri JACOT présentent une analyse statique des filières techniques de la forge, de la fonderie et des aciers spéciaux tout en fournissant les jalons d'une analyse dynamique grâce à la mise en évidence des processus de ramification et de segmentation de filières techniques.

Les deux derniers articles, dûs à des enseignants appartenant aux Universités de Lyon II et de Saint-Etienne cherchent à fournir à tous ceux qui s'intéressent à la dynamique des activités industrielles la possibilité de déchiffrer les travaux d'organismes tels que l'I.N.S.E.E. et la Direction de la Prévision, ainsi qu'un exemple des enseignements auxquels conduit la lecture de travaux similaires, mais de caractère davantage historique et relatifs à la croissance industrielle française au XIXème siècle.

Au total c'est à une utile confrontation de méthodes et d'options théoriques ainsi qu'à un examen critique de la fécondité de l'approche systémique en économie industrielle que nous convient les études rassemblées dans ce numéro.

* Cf. B. Gille, La notion de système technique *Technique et Culture*, 1979

P. Garrouste.

Introduction

Toute entreprise peut être étudiée comme un ensemble cohérent d'éléments liés entre eux par des relations spécifiques. Cela revient à penser l'entreprise comme système. Le texte qui suit, s'appuie sur un certain nombre de travaux réalisés dans le domaine de la forge et sur de nombreuses discussions tenues, dans le cadre de l'ERA CNRS nº 872. La base de cette analyse est technique, c'est-à-dire que l'on considère les éléments du système (1) du point de vue de leur potentialité à exécuter une tâche. C'est par l'intermédiaire des relations qui leur donnent une cohérence et donc un sens que ces éléments acquièrent d'autres dimensions (économique et organisationnelle) et que le système qu'elles structurent acquiert un caractère dynamique.
Nous serons donc amenés à énumérer les éléments du système (section I) et à caractériser les relations (section II) qui leur donnent une cohérence.
Ensuite (section III) nous affirmerons grâce à deux exemples (ramification et segmentation) l'intérêt que revêt l'étude de ces relations structurantes pour l'analyse de l'évolution de la forge (2).

(1) Le système que nous étudions ici est un système fermé. Il est évident que l'étude de l'évolution de la forge doit s'appuyer sur la construction d'un système ouvert.

(2) Les exemples donnés tout au long de ce texte renvoient à un stage réalisé au département forges de Renault Véhicules Industriels, à Vénissieux.

(3) Bertrand GILLE «Histoire des techniques» encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, Paris 1978.

Section I – Définition des éléments

L'apport de Bertrand GILLE (3) à l'histoire des techniques concerne non seulement le domaine factuel, mais surtout la création et l'organisation de concepts susceptibles de rendre compte des processus d'émergence, de développement et de disparition d'un ensemble cohérent de techniques.
La conceptualisation de cet historien a pour base la définition de la structure technique comme combinaison unitaire technique (ex : cylindre - piston ; bielle manivelle etc . . .). Ensuite, B. GILLE appelle ensemble technique tout complexe de techniques affluentes «dont la combinaison concourt à un acte technique bien défini» (ex : le haut fourneau). Puis, il définit la filière technique comme des suites d'ensembles techniques destinés à fournir le produit désiré. Enfin

La filière technique comme système : l'exemple de la forge

«cet ensemble de cohérences aux différents niveaux de toutes les structures, de tous les ensembles et de toutes les filières compose ce que l'on peut appeler un système technique».
Pour notre propos, l'intérêt de cette conceptualisation est de pouvoir être appliquée moyennant quelques modifications, à l'étude d'un domaine plus restreint spatialement et temporellement (par exemple l'évolution de la forge qui définit notre objet d'étude).
Les modifications que nous apporterons à cet emboîtement de concepts proviennent de ce que B. GILLE, en définissant l'ensemble technique comme un *complexe de techniques affluentes* s'oblige à considérer les connexions *entre tous les supports de ces techniques*, et ne peut donc localiser son étude à une branche, encore moins à une entreprise. Son but étant de construire une histoire des techniques, le domaine d'intervention de ses concepts est trop général pour être directement applicable à un domaine d'étude plus restreint.
Ceci se manifeste par une différence entre les centres de gravité de l'analyse de B. GILLE et de la notre : le concept central de «l'histoire des techniques» est le système technique, le concept central de notre étude sera la filière technique redéfinie.
Les éléments constitutifs de la notion de filière technique que nous utiliserons seront définis en fonction de deux notions de base : le travail mort et le travail vivant. En effet, c'est à partir de l'articulation de ces deux notions que nous définirons l'élément technique, le procédé technique puis la filière technique.
Nous commencerons donc par développer les notions de travail vivant et de travail.

A) Les notions de base : travail vivant et travail mort

1) *Le travail vivant*

En économie, le travail vivant reste bien souvent au concept ontologique. Si l'on veut quitter la circularité inhérente à ce type de définition, on se heurte à un problème de repérage. Afin de tenter d'éviter ces obstacles, nous considèrerons le travail vivant, à la fois sous l'angle de l'extension et de la compréhension. Pour ce faire nous empruntons à A. BROWN (4) sa typologie des aptitudes humaines mises en œuvre lors de la production. Cette typologie conduit à distinguer :
- la dépense d'énergie,
- l'exécution de mouvements stéréotypés.
- la réaction aux modifications de l'environnement.

L'avantage d'une telle typologie est de pouvoir donner lieu à une évaluation, d'une part à l'aide de moyens traditionnels (calcul des temps, mesure de la charge de travail etc . . .) d'autre part grâce à la théorie de l'information (5). Cependant, afin de ne pas être amené à définir le travail mort comme seul

(4) Cf. A. BROWN : «Artefacts, Automation and Human Abilities» Operational Research and the Social Science, pp. 237-239 cité par D. DUFOURT dans une contribution à l'ATP CNRS : «Formes anciennes et nouvelles d'automatisation».

(5) On mesure la quantité de traitement de l'information à l'aide de la formule de SHANNON :
$H = - \sum_{}^{p_i} p_i \log_2 p_i$ ou
p_i est la probabilité d'accession d'un événement E_i.

résultat de la transformation du travail vivant, et par là même tomber dans l'anthropomorphisme ; nous parlerons, non pas d'aptitude humaine mise en œuvre lors de la production, mais de *fonction élémentaire de travail*. Tout travail humain étant une articulation spécifique de ces fonctions élémentaires, nous définirons le travail vivant comme une combinatoire des fonctions élémentaires de travail *exécutées par un travailleur*.

2) *Le travail mort*

Bien que l'on ne puisse considérer séparément le travail mort et le travail vivant, on ne doit en aucune façon réduire le premier à n'être que l'envers du second. En effet, rien ne permet d'affirmer que le travail vivant disparu se transforme intégralement en travail mort (6). Nous définirons donc le travail mort comme une combinatoire des fonctions élémentaires de travail *mises en œuvre par des facteurs techniques*. Un facteur technique est envisagé ici comme étant le type d'énergie qui se situe à la base d'un processus de transformation. C'est le principe moteur d'un mouvement ou de la modification d'un mouvement. Comme facteurs techniques nous pouvons énumérer, les facteurs suivants :

– calorifique
– mécanique
– pneumatique
– hydraulique
– électrique
– physico-chimique
– électronique

(6) Nous ne discuterons pas ce point ici. Nous pensons cependant qu'une partie du travail vivant qui disparaît «s'objective» dans l'organisation du travail.

B) Filière technique et éléments constitutifs

1) *L'élément technique*

Nous définirons l'élément technique comme le lieu de transformation d'un type de mouvement et/ou d'un type d'énergie ; ceci quel que soit le type de travail (vivant ou mort) qui le met en œuvre. Ainsi le couple cylindre - piston est le lieu de transformation d'énergie calorifique en énergie mécanique et de création d'un mouvement de translation.

2) *Le procédé technique*

Un procédé technique est un ensemble d'éléments techniques appliqués à un objet en vue d'en obtenir la transformation (comprise comme changement d'état et/ou de lieu) : ceci quel que soit le type de travail qui permet la mise en œuvre des éléments techniques de ce procédé. Un four à induction, comme procédé technique, conjugue un lieu de transformation d'énergie électrique en énergie calorifique et un lieu de création d'un mouvement de translation (amorcé par l'ouvrier qui charge le four) ; ceci permettant d'obtenir un lopin d'acier ayant une température d'environ 1 200 degrés.
La structure d'un procédé technique est l'ensemble des relations existant entre les différents éléments qui le composent ; et ceci quelque soit le type de travail auquel ils renvoient. Nous appellerons aussi cette structure : le mode opératoire du procédé technique. La fonction d'un procédé technique est l'ensemble des

opérations qu'il est susceptible de réaliser. Cette fonction globale peut être décomposée ; les fonctions ainsi définies étant caractérisées par l'ensemble des opérations qui sont respectivement attribuées à l'homme et à la machine. Par exemple la fonction du procédé technique de forgeage à chaud sur presse 2000 T est de réaliser, à partir d'un lopin ayant une température de 1200° C, une pièce brute de dimension donnée. Emmérons les fonctions élémentaires de ce procédé technique la presse doit exercer une force pressante correspondant à une puissance de 2000 tonnes ; un ouvrier dispose le lopin dans la première gravure de la matrice inférieure, déclenche le mouvement de la presse, dispose l'ébauche dans la seconde gravure, déclenche à nouveau le mouvement de la presse qui évacue la pièce brute ; enfin, un second ouvrier lubrifie les matrices à intervalles réguliers.

3) *La filière technique*

Une filière technique est un ensemble de suites de procédés techniques mis en œuvre afin de réaliser un produit donné. De la même façon que l'on a défini la structure et la fonction d'un procédé, on peut définir la structure et la fonction d'une filière technique. La structure d'une filière technique est l'ensemble des relations qui existent entre les procédés techniques de cette filière. La fonction de la filière technique de la forge est de réaliser, par déformation, à partir d'une barre de métal, une pièce de forme et de structure donnée.

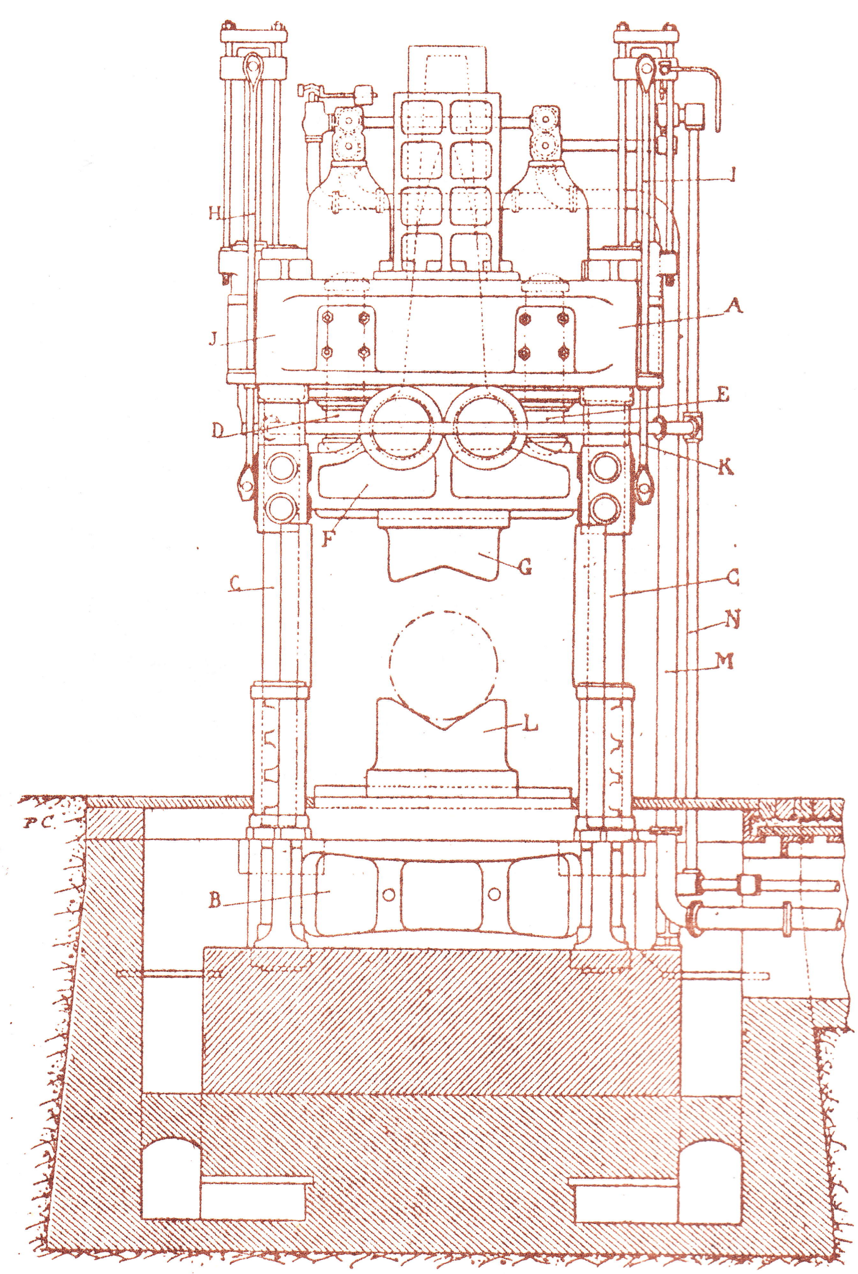
Section III – Les relations

L'emboîtement des concepts qui a fait l'objet de la première section défini le squelette d'une filière technique. Cette ossature renvoie à une analyse descriptive donc à une analyse *statique*. Si nous voulons dépasser ce stade où l'on peut reprocher à B. Gille d'être resté, il nous faut examiner les relations qui structurent une filière technique et lui donnent ainsi le caractère d'un système dynamique. Jusqu'à présent, les seuls rapports pris en compte lors de la définition des éléments d'une filière technique étaient des rapports d'appartenance. Il est évident qu'ils ne résument pas l'ensemble des relations qui caractérisent une filière technique. L'organisation du travail des procédés techniques, les rapports quantitatifs et qualitatifs entre travail mort et travail vivant sont autant de relations qui structurent une filière technique (7). Il importe donc, à présent d'étudier de telles relations. Elles renvoient respectivement à ce que nous nommerons la rigidité, la cohérence et la complexité d'une filière technique.

(7) Si l'on considère la filière technique comme un système fermé, ce que nous faisons ici.

A) La rigidité

Cette notion caractérise l'organisation du travail des procédés techniques. Afin de définir cette notion, il est nécessaire d'expliciter ce que nous appelons un procédé technique asservi. Un procédé technique est asservi si son fonctionnement est commandé par celui d'un autre procédé technique. Partant de là, la rigidité est une fonction crois-



Presse hydraulique Davy.

sante de l'asservissement des procédés techniques. Cette notion se manifeste comme un rapport technique entre des procédés et son évolution illustre le plus souvent une modification des éléments techniques qui entraîne une modification dans le fonctionnement d'un ensemble de procédés techniques. Cependant, dire que la rigidité est essentiellement une relation technique revient à intervertir l'ordre causal. Ces modifications techniques sont en fait la manifestation de l'évolution des rapports de commande. Ceci amène à considérer la rigidité comme étant une relation inter-procédés d'ordre organisationnel.

B) La cohérence

Cette notion est l'articulation de deux concepts : la cohérence économique et la cohérence technique.

– la cohérence économique

Cette notion provient du constat suivant : une filière technique ne peut être rentable si les procédés techniques qui la composent ne le sont pas globalement, c'est à dire si au moins un procédé technique bloque la rentabilisation des autres procédés techniques. On parlera dans ce cas de procédé technique bloquant. Cependant, on ne peut pas dire que le remplacement d'un procédé technique se fasse toujours au moment précis où il empêcherait la rentabilisation du capital investi dans la filière technique à laquelle il appartient. On ne peut donc parler que de procédé technique marginal, c'est-à-dire de procédé technique dont le changement améliore la rentabilité globale de la filière, et ceci plus que ne le ferait le renouvellement de tout autre procédé technique de cette filière. De préférence à cohérence, il est donc souhaitable de parler de degré de cohérence. Le degré de cohérence sera maximal quand tous les procédés techniques d'une même filière technique seront marginaux. Il sera minimal quand au moins un procédé technique sera bloquant. Une mesure de ce degré de cohérence économique est l'inverse de la variance des rendements des procédés techniques.

– la cohérence technique

Le degré de cohérence technique d'une filière technique sera fonction de la plus ou moins grande inégalité des compositions techniques du capital (8) attachées aux procédés techniques de cette filière technique. Le degré de cohérence technique sera d'autant plus grand que cette inégalité sera faible. Une mesure de ce degré de cohérence sera donc l'inverse de la variance de ces compositions techniques du capital.

– La cohérence globale

On définit la notion de degré de cohérence globale d'une filière technique comme le degré de cohérence économique compte tenu du degré de cohérence technique.

C) La complexité (9)

La complexité, telle qu'elle sera définie ici, repose sur le constat suivant : une filière technique est mise en œuvre grâce à une combinaison quantitativement et qualitativement déterminée de travail vivant et de travail mort. Si les notions de cohérence technique et de cohérence économique d'une filière technique doivent rendre compte de l'évolution quantitative du rapport travail mort - travail vivant ; nous n'avons pas encore considéré *l'aspect qualitatif* de cette combinaison. La définition de la complexité d'une filière technique sera une tentative pour mesurer ce rapport sous un angle qualitatif. Afin d'expliciter cette notion, il est nécessaire de commencer par définir la complexité du travail vivant puis la complexité du travail mort.

1) *La complexité du travail vivant*

Nous avons défini plus haut le travail

(8) La composition technique du capital est le rapport de la quantité de travail mort à la quantité de travail vivant.

(9) Cette notion est définie et utilisée par la Section des Etudes Sectorielles du Centre International des Etudes Industrielles (C.I.E.I.) de l'O.N.U.D.I. (Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel) dans un document introductif au «Séminaire sur les stratégies et instruments pour promouvoir les industries de biens d'équipements dans les pays en développement» (Alger 7 au 11 décembre 1979). Nous avons développé et critiqué cette notion dans «la forge R.V.I. comme filière technique, description et évolution» document de travail 80.1.006 de l'Equipe de recherche associée au CNRS n° 872 «Economie des changements technologiques» Département de Sciences Economiques et de Gestion, Université Lyon II

vivant comme une combinatoire de fonctions élémentaires de travail humain. Etudier la complexité du travail vivant revient à étudier l'articulation des fonctions élémentaires de travail mises en œuvre par un travailleur lors de l'exécution d'une tâche. Ainsi, la complexité du travail vivant sera une mesure de la répartition des différentes fonctions élémentaires de travail humain mises en œuvre lors de la production. A ce niveau du raisonnement, on se heurte au problème de l'identification des fonctions élémentaires de travail. En effet, si l'on veut repérer l'intervention respective de chaque fonction élémentaire de travail (lors de l'exécution d'une tâche) il est nécessaire de disposer d'instruments de repérage *indépendants*. Or l'exécution d'une tâche est le résultat de l'articulation, d'une part, au niveau du travail humain, des fonctions élémentaires de travail humain ; d'autre part, au niveau du procédé technique, des fonctions élémentaires de travail humain et des fonctions élémentaires de travail des facteurs techniques. Il est donc impossible d'obtenir des instruments de mesure absolument indépendants. Par exemple, si l'on mesure la faculté à exécuter des mouvements stéréotypés par la variation de la durée de chaque cycle de travail, il se peut que la fatigue (donc la dépense d'énergie) intervienne dans le résultat de la mesure. De plus, l'aléa lié au dysfonctionnement d'un procédé technique qui entraîne une intervention humaine peut rendre difficile la mesure de la part respective des fonctions élémentaires : exécution de mouvements stéréotypés et réactions aux modifications de l'environnement. Cependant, s'il est impossible de disposer d'instruments rigoureusement indépendants, on peut tendre asymptotiquement vers cet idéal en affinant les instruments de repérage des fonctions élémentaires.

Nous proposons la typologie suivante de ces instruments :

fonctions élémentaires de travail	instruments de repérage
dépense d'énergie	temps de repos / temps de travail nombre de cycles successifs que peut exécuter un travailleur quantité de produit réalisée par unité de temps
exécution de mouvements stéréotypés	durée de chaque cycle qualité du produit stabilité du mode opératoire
réaction aux modifications de l'environnement	quantité de traitement de l'information degré de liberté (10) domaines d'intervention (11)

(10) La rubrique «degré de liberté» renvoie au type de structure qui caractérise le procédé technique considéré. Le degré de liberté est d'autant plus faible que la structure du procédé technique est «rigide», c'est-à-dire que le mode opératoire est défini sans aucune possibilité d'adaptation interne. Au contraire, le degré de liberté est important quand la structure du procédé technique est souple ; en d'autres termes, si le mode opératoire comporte des sous-modes opératoires alternatifs.

(11) Cette rubrique comprend : le contrôle simple, le contrôle-régulation et la commande.

2) *La complexité du travail mort*

Lors de l'exécution d'une tâche, le travail mort intervient par l'intermédiaire des facteurs techniques qui permettent la mise en œuvre des fonctions élémentaires de travail. Se pose donc le problème de la polyvalence de ces facteurs techniques. En effet, un marteau pilon, qui fonctionne grâce à la transformation d'énergie calorifique en énergie mécanique ne peut être assimilé à une presse qui transforme de l'énergie hydraulique (ou électrique) en énergie mécanique. Hors si l'on se place uniquement au niveau des fonctions élémentaires de travail, ces deux moyens d'estampage ont pratiquement la même complexité. Il importe donc d'intégrer à la notion de complexité du travail mort une hiérarchie des facteurs techniques qui complète l'évaluation de la dispersion des fonctions élémentaires de travail. En l'état actuel de notre recherche, cette hiérarchie ne peut être qu'ordinale. Elle est la suivante :

– calorifique
– mécanique
– pneumatique
– hydraulique
– électrique
– physico-chimique
– électronique

Nous pensons, à présent définir la notion de complexité du travail mort. La complexité du travail mort est une mesure de l'articulation des fonctions élémentaires de travail des facteurs techniques. L'évaluation de cette complexité est faite, d'une part à l'aide des instruments de repérage des fonctions élémentaires de travail et d'autre part en utilisant la hiérarchie des facteurs techniques qui permettent l'exécution de ces fonctions. D'où le tableau :

fonctions élémentaires de travail	facteurs techniques	instruments de repérage
dépense d'énergie	- calorifique - pneumatique - hydraulique - électrique	- bilan énergétique
exécution de mouvements stéréotypés	- mécanique - pneumatique - hydraulique - électrique - électronique	- qualité du produit - stabilité du mode opératoire
réaction aux modifications de l'environnement	- mécanique - électrique - physico-chimique - électronique	- quantité de traitement de l'information - degré de liberté - domaines d'intervention

3) *Complexité d'un procédé technique*

On définira la complexité d'un procédé technique comme le rapport : complexité du travail mort sur complexité du travail vivant.
Un exemple pris dans la filière technique de la forge R.V.I. permettra de mieux comprendre cette notion (12).

(12) Ce tableau demande à être complété par des mesures plus systématiques du fonctionnement de chacun de ces procédés techniques.

Ce tableau montre que le passage du pilon à la presse s'accompagne d'une augmentation de la complexité du procédé technique de forgeage. En effet, on constate d'une part une diminution de la complexité du travail vivant, d'autre part une augmentation de la complexité du travail mort.

		TRAVAIL MORT		TRAVAIL VIVANT
procédés techniques	fonctions élémentaires de travail	facteurs techniques	instruments de repérage des fonctions élémentaires de travail des facteurs techniques	instruments de repérage des fonctions élémentaires de travail humain
PILON	dépense d'énergie	calorifique	bilan énergétique faible	$\frac{\text{temps repos}}{\text{temps de travail}} = 30\ \%$ 25 cycles successifs en moyenne (fonction de la taille de la pièce)
	exécution de mouvements stéréotypés	mécanique	instabilité du mode opératoire	les mouvements stéréotypés doivent être adaptés aux dysfonctionnements du pilon
	réaction aux modifications de l'environnement	mécanique	contrôle simple (interrupteur)	- quantité de traitement de l'information importante - absence de degré de liberté - contrôle, régulation, commande
PRESSE	dépense d'énergie	électrique ou hydraulique	bilan énergétique important	$\frac{\text{temps de repos}}{\text{temps de travail}} \ll 30\ \%$ $\simeq$ 100 cycles successifs en moyenne (fonction de la taille de la pièce)
	exécution de mouvements stéréotypés	mécanique	stabilité parfaite du mode opératoire	constance : - de la durée de chaque cycle - de la quantité du produit - du mode opératoire
	réactions aux modifications de l'environnement	mécanique et/ou électrique	contrôle simple (interrupteur)	- quantité de traitement de l'information faible (centrage de la pièce) - absence de degré de liberté - contrôle, régulation, commande

Section III – Ramification et Segmentation

L'intérêt d'étudier les relations qui structurent une filière technique réside dans le fait qu'elles permettent de rendre compte de l'évolution de cette filière et de ses éléments. En effet, chaque type de relation, engendrant une organisation spécifique des éléments d'une filière technique, concourt à expliquer l'évolution de cette dernière. Ainsi sont définis des modes d'utilisation d'une filière technique qui renvoient chacun à une relation donnée. C'est ensuite l'étude de l'articulation de ces modes d'utilisation qui permet de rendre compte de l'évolution d'une filière technique (13). A titre d'exemple, nous examinerons le processus de segmentation, mode d'évolution défini par la variation du degré de rigidité puis le processus de ramification, mode d'évolution défini en partie par la variation du degré de cohérence globale.

A) *Segmentation (14)*

La segmentation est le mouvement par lequel les segments techniques se créent et se modifient. Un segment est défini comme un ensemble de procédés techniques auquel on peut attribuer un degré de rigidité. On peut isoler trois types de segments :

– Le segment rigide se caractérise par un degré de rigidité maximum ; c'est-à-dire que tous les procédés techniques qui le composent sont asservis à une commande unique. Par exemple la cimenterie, comme filière technique est composée en grande partie de segments rigides (15). De même le traitement thermique dans la plupart des forges.
– Le segment lié associé à un degré de rigidité moyen. Ce cas de figure renvoie à l'asservissement des procédés de transfert, la commande des procédés de fabrication étant principalement dévolue au travail vivant. Comme exemple de ce type on peut citer l'automobile. « Les postes presse», en forge sont aussi de ce type.
– Le segment libre renvoie à un faible degré de rigidité, c'est-à-dire que l'on constate une autonomie relative du rythme de travail de chaque procédé technique. Certains «postes pilons» dans la filière technique de la forge illustrent ce type.

Il apparaît donc que le processus de segmentation caractérise l'évolution de l'organisation du travail des procédés techniques d'une filière technique. Il rend compte des modifications spatiales et temporelles de l'organisation d'une filière. L'étude de la segmentation nécessite l'examen : de la variation de l'étendue des segments, de la vitesse de transformation des segments, de la localisation de l'augmentation du degré de rigidité.

B) *Ramification (16)*

La ramification est le processus de création et d'évolution des sous-filières techniques. Deux sous-filières sont deux suites de procédés techniques, compatibles techniquement, appartenant à la même filière technique. Ces suites de procédés sont telles qu'elles n'ont, ni la même fonction, ni la même structure et/ou telle qu'elles n'ont pas la même structure, mais ont des fonctions similaires et des degrés de cohérence globale élevés. Les sous-filières qui satisfont les premières conditions seront dites principales, celles qui satisfont les dernières, secondaires. Afin de comprendre la signification de ces définitions quelque peu abstraites, il est nécessaire d'examiner concrètement ce à quoi elles renvoient. Comme sous-filières principales, on peut citer dans la forge :

– Le forgeage à chaud
– Le forgeage à mi-chaud
– Le forgeage à froid
– Le forgeage orbital

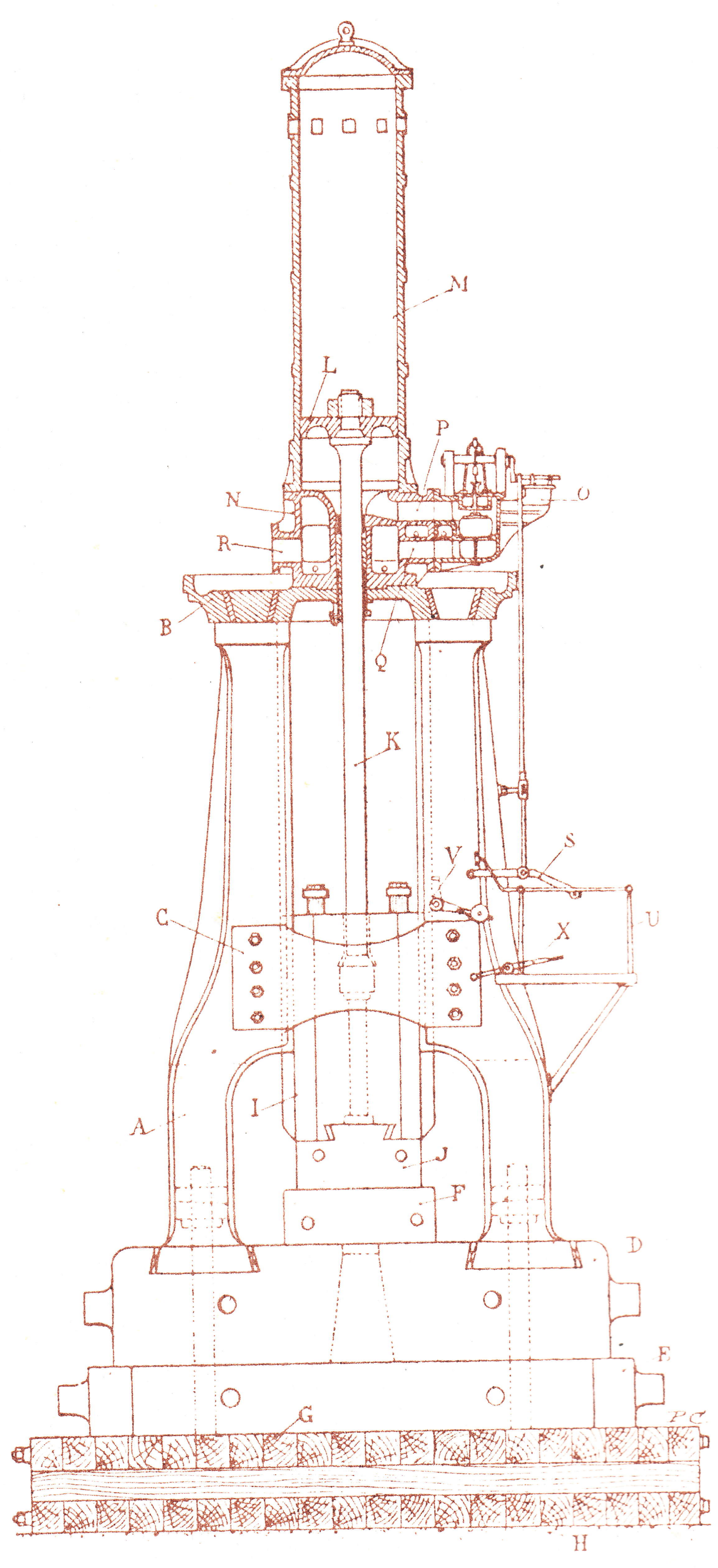
Ces différents ensembles de procédés techniques, qui ont chacun un degré de cohérence élevé, existent parce qu'ils

(13) Rappelons que nous étudions ici la filière technique de la forge comme un système fermé.

(16) Cf. GARROUSTE : «Ramification et sous-filières techniques» document de travail 80.1.002. ERA CNRS nº 872 Lyon II Juin 1980.

(14) Cf. P. GARROUSTE : «Segmentation et filière technique» document de travail 80.1.004 ERA - CNRS nº 872 U.E.R. Sciences Economiques Lyon II mai 1980.

(15) Cf. C. LEBAS : «Essai sur les formes nouvelles d'automatisation ; l'exemple d'une industrie de procédés : la cimenterie» Thèse complémentaire, Université de Paris X, 1980.



Marteau-pilon à simple effet de 20 tonnes, type Creusot.
Coupe verticale.

permettent une rentabilisation concurrente du capital investi, et ce sur la base d'une qualité spécifique du produit (valeur d'usage) et d'un rendement (valeur d'échange) tel qu'il y a stabilité du transfert de production (quand il est possible).

Comme sous-filières secondaires, on peut citer :

- Les sous-filières de forgeage à chaud (vertical) :
  - presse
  - pilon
- Les sous-filières de forgeage à chaud (horizontal) :
  - machine à forger (ou presse horizontale ou refouleuse)
  - soudage par friction (17)

L'existence des sous-filières secondaires a comme support essentiel, une différence au niveau du coût du produit (donc au niveau de la valeur d'échange). La différence quant aux valeurs d'usage est ici contingente. Les sous-filières secondaires sont donc, à court terme, moins stables que les sous-filières principales. Au total, on peut affirmer qu'il existe une tendance à la disparition à court terme d'une sous-filière (respectivement pilon et machine à forger) au profit de la sous-filière concurrente (respectivement presse et soudage par friction). Ainsi, l'étude de la ramification permet de dégager les tendances du renouvellement des procédés techniques ou des ensembles de procédés techniques sur la base de l'étude de la dialectique : valeur d'usage - valeur d'échange.

Conclusion

Les réflexions que nous avons présentées ne constituent qu'un moment de l'analyse de l'évolution d'une filière technique. Elles demandent à être complétées :

- Au niveau des relations qui structurent cette filière. Ceci nécessite de penser la forge comme un système ouvert.
- Au niveau de l'articulation entre les différents modes d'évolution de cette filière technique. En effet, d'une part il reste à étudier le mode d'évolution défini par la variation de la complexité ; d'autre part il est nécessaire de définir ensuite le mode d'articulation de ces modes d'évolution.

(17) Le soudage par friction est une technique de fabrication de pièces longues. Elle consiste à souder par friction deux pièces : une barre de métal et une pièce préalablement estampé sur une presse verticale ou sur un pilon. La pièce forgée, fixée sur un mandrin, tourne autour de son axe. On approche la barre qui est serrée dans un étau coulissant. Au contact le métal s'échauffe. A une température suffisante, on arrête brusquement la rotation de la pièce et on exerce une forte pression horizontalement. La pièce ainsi obtenue a des caractéristiques structurelles au moins équivalentes à celles d'une pièce forgée à l'aide d'une refouleuse.